

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**  
**Факультет електроенерготехніки та автоматики**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ**  
**до виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни**

**«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ. ЧАСТИНА 2»**

**для студентів спеціальності**  
**141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**(навчальне електронне видання)**

**НТУУ «КПІ»**  
**2016**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**  
**Факультет електроенерготехніки та автоматики**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ**  
**до виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни**

**«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ. ЧАСТИНА 2»**

**для студентів спеціальності**  
**141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**(навчальне електронне видання)**

*Рекомендовано Вченою радою  
факультету електроенерготехніки та автоматики*

**НТУУ «КПІ»**  
**2016**

Методичні вказівки виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни «Обчислювальна техніка та програмування. Частина 2» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: Д.В. Настенко, А.Б. Нестерко, Г.О. Труніна – Київ: НТУУ “КПІ”, 2016.

*Гриф надано Вченою радою ФЕА НТУУ “КПІ”  
(Протокол № 10 від 30 червня 2016 р.)*

Навчальне електронне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ  
до виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни

«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ. ЧАСТИНА 2»

для студентів спеціальності  
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Укладачі: Настенко Дмитро Васильович, ст. викл.,  
Нестерко Артем Борисович, к.т.н., ст. викл.  
Труніна Ганна Олексіївна, асистент.

Відповідальний  
Редактор

О.С. Яндульський, професор, д.т.н.

Рецензент

Т.Л. Кацадзе, канд. техн. наук

*За редакцією укладачів*

## Зміст

ТЕМА .....	4
МЕТА РОБОТИ.....	4
ЗАВДАННЯ.....	4
СТИСЛІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	7
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ .....	10
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РОБОТИ.....	11
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	12
ДОДАТОК 1 .....	13
ДОДАТОК 2 .....	14

**Тема**

Використання мови програмування C# для вирішення інженерних задач.

**Мета**

В спеціальних дисциплінах студенти виконують різноманітні інженерні розрахунки, зустрічаються з необхідністю використання різних методів обчислювальної математики. Дана розрахункова робота пов'язана з практичним використанням можливостей об'єктно-орієнтованого програмування мовою C# для розрахунку електричних кіл постійного струму.

Метою розрахункової роботи є опанування методів розробки програмного забезпечення мовою C# для вирішення практичних електротехнічних задач.

**Завдання**

Розрахувати для заданого варіанту струми  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  та наруги у всіх (1-6) вузлах схеми аналітично з використанням теорії електричних кіл.

Розробити програму з графічним інтерфейсом користувача для розрахунку однофазного кола постійного струму:

1. для схеми електричного кола згідно отриманого варіанту розрахувати струми  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ;
2. для схеми електричного кола згідно отриманого варіанту розрахувати наруги у всіх (1-6) вузлах схеми;
3. скласти баланс активних  $P$  потужностей кола;
4. побудувати графічні залежності показів вольтметрів  $V_1$  та  $V_2$  від змінних значень елементів (ЕРС та опорів) згідно отриманого варіанту.

В програмі потрібно передбачити можливість зберігання результатів розрахунку у текстовий файл.

Для виконання електротехнічних розрахунків можна використати будь-який метод на вибір. Для розв'язання системи рівнянь, отриманих в процесі вирішення завдання, пропонується скористатися методом Гауса (за бажання, можна використовувати будь-який інший метод).

### Варіанти завдань

Схеми електричного кола наведені у додатку 2. Параметри елементів схеми та номер схеми задано в табл. 1. Параметри для побудови графічних залежностей представлені в табл. 2. Номер варіанту задає викладач.

Таблиця 1.

№ варіанту	$R1$	$R2$	$R3$	$R4$	$R5$	$R6$	$E1$	$E2$	Схема №
1	1.2	8.3	3.3	4.5	3.3	8.5	2.1	5.2	1
2	5.4	4.6	8.3	8.3	7.5	3.3	8.5	2.1	2
3	7.7	3.3	4.6	2.5	5.2	7.5	4.5	8.5	3
4	8.3	7.5	3.3	4.6	2.1	5.2	7.5	3.3	4
5	4.6	5.2	7.5	3.3	8.5	2.1	5.2	7.5	5
6	3.3	2.1	5.2	7.5	4.5	8.5	2.1	5.2	6
7	7.5	8.5	2.1	5.2	8.3	4.5	8.5	2.1	7
8	5.2	4.5	8.5	2.1	2.5	8.3	4.5	8.5	8
9	2.1	8.3	4.5	8.5	6.6	2.5	8.3	4.5	1
10	8.5	2.5	8.3	4.5	4.3	6.6	2.5	8.3	2
11	4.5	6.6	2.5	8.3	9.8	4.3	6.6	2.5	3
12	8.3	4.3	6.6	2.5	5.5	9.8	4.3	6.6	4
13	2.5	9.8	4.3	6.6	3.8	5.5	9.8	4.3	5
14	6.6	5.5	9.8	4.3	2.2	3.8	5.5	9.8	6
15	4.3	3.8	5.5	9.8	6.4	2.2	3.8	5.5	7
16	9.8	2.2	3.8	5.5	8.6	6.4	2.2	3.8	8
17	5.5	6.4	2.2	3.8	3.2	8.6	6.4	2.2	1
18	3.8	8.6	6.4	2.2	2.5	3.2	8.6	6.4	2
19	2.2	3.2	8.6	6.4	8.7	2.5	3.2	8.6	3
20	6.4	2.5	3.2	8.6	4.3	8.7	2.5	3.2	4
21	8.6	8.7	2.5	3.2	6.2	4.3	8.7	2.5	5
22	3.2	4.3	8.7	2.5	7.2	6.2	4.3	8.7	6
23	2.5	6.2	4.3	8.7	5.3	7.2	6.2	4.3	7
24	8.7	7.2	6.2	4.3	2.1	5.3	7.2	6.2	8
25	4.3	5.3	7.2	6.2	4.3	4.3	5.3	7.2	1
26	6.2	2.1	5.3	7.2	6.2	6.2	2.1	5.3	2
27	7.2	4.3	2.1	5.3	7.2	7.2	4.3	2.1	3
28	5.3	5.3	4.3	2.1	5.3	5.3	8.7	4.3	4
29	2.1	5.3	8.7	4.3	2.1	2.1	5.3	8.7	5
30	4.3	2.1	6.2	4.3	4.3	5.3	5.3	6.2	6

Таблиця 2.

№ варіанту	Параметр	№ варіанту	Параметр	№ варіанту	Параметр
1	$E_1, R_1, R_2$	11	$E_1, R_3, R_6$	21	$E_2, R_1, X_{C1}$
2	$E_1, R_2, E_2$	12	$E_2, R_4, R_5$	22	$E_2, R_2, X_{C1}$
3	$E_1, R_3, R_6$	13	$E_1, R_1, R_2$	23	$E_2, R_3, X_{C1}$
4	$E_1, R_4, R_3$	14	$E_2, R_2, R_4$	24	$E_2, R_4, R_3$
5	$E_1, R_1, R_2$	15	$E_1, R_3, E_2$	25	$E_2, R_1, R_2$
6	$E_1, R_2, E_2$	16	$E_2, R_4, R_2$	26	$E_2, R_2, R_4$
7	$E_1, R_3, R_6$	17	$E_1, R_1, R_4$	27	$E_2, R_3, E_1$
8	$E_1, R_4, R_2$	18	$E_2, R_2, R_2$	28	$E_2, R_4, R_6$
9	$E_1, R_1, E_2$	19	$E_1, R_3, E_2$	29	$E_2, R_1, R_2$
10	$E_1, R_2, R_6$	20	$E_2, R_4, R_3$	30	$E_2, R_2, E_1$

## Стислі теоретичні відомості

З теоретичними відомостями щодо методів розрахунку однофазних кіл постійного струму можна ознайомитися наприклад у [1–3], а також використовуючи матеріали курсу «Теоретичні основи електротехніки». При використанні даних методів виникає необхідність розв’язувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь виду

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad (1)$$

або у матричній формі запису

$$[A][X]=[B] \quad (2)$$

можливе прямими методами класичної математики, тобто їх точне розв'язання можна отримати за визначену певну кількість арифметичних дій. В системі (1)  $a_{i,j}$  ( $i = 1..m, j = 1..n$ ) – відомі числові коефіцієнти,  $b_i$  – відомі праві частини, а  $x_i$  – обчислювані невідомі величини.

У практичних інженерних задачах матриця  $[A]$  майже завжди квадратна ( $m=n$ ) та неособлива, тобто її визначник не дорівнює нулю. У разі, коли  $m>n$  маємо перевизначену систему, що не має розв'язку, а якщо  $m<n$ , то система недовизначена і має безліч розв'язків  $[X]$ , що задовольняють її. Перший випадок свідчить про помилки при створенні математичної моделі явища, другий може мати місце в оптимізаційних задачах. Отже, далі вважатимемо, що матриця  $[A]$  квадратна та неособлива, в наслідок чого її завжди можна обернути, одержавши матрицю  $[A]^{-1}$ , а далі, помноживши ліву частину рівняння (2) на цю матрицю, отримати рівняння:

$$[X]=[A^{-1}][B] \quad (3)$$

яке дозволяє визначити невідомі  $X_i$  прямими обчисленнями.



$$[A]^{-1}[A][X]=[A]^{-1}[B]$$

$$[A]^{-1}[A]=[E]$$

$$[E][X]=[A]^{-1}[B]$$

$$[E][X]=[X]$$

$$[X]=[A]^{-1}[B]$$

Тут  $[E]$  - одинична матриця, тобто матриця, у якої головна діагональ має одиниці, а решта елементів нульові.

### **Метод Гауса**

З прямих методів розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь найчастіше використовується метод Гауса та його модифікації. Обернена матриця  $[A]^{-1}$  при цьому в явному вигляді не обчислюється. Процес розв'язання методом Гауса складається з двох чітко розмежованих етапів - прямого та зворотного «ходів». Етап прямого ходу є перетворення початкової системи рівнянь (1) в еквівалентну, що має наступний вигляд:

$$\begin{cases} x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ x_n = b_n \end{cases} \quad (4)$$

Здійснити таке перетворення можна послідовним повторенням  $n-1$  раз наступних однотипних дій:

Коефіцієнти першого рівняння ділять на коефіцієнт  $a_{11}$

$$a'_{12} = \frac{a_{12}}{a_{11}}; a'_{13} = \frac{a_{13}}{a_{11}}; \dots; a'_{1n} = \frac{a_{1n}}{a_{11}}; b'_1 = \frac{b_1}{a_{11}}$$

В рівняння номер 2, 3, ..., n замість невідомого  $x_1$ , підставляється його формульне значення, одержане з першого рівняння

$$x_1 = b'_1 - a'_{12}x_2 - a'_{13}x_3 - \dots - a'_{1n}x_n$$

після чого зводяться подібні члени. Це по суті досягається коригуванням коефіцієнтів цих рівнянь по формулам:

$$\hat{a}_{i,k} = a_{i,k} - a_{i,1}a_{1,k}$$

$$\hat{b}_i = b_i - a_{i,1}b_1 \quad (i = 2..n, k = 2..n)$$

В результаті перше рівняння системи отримує вигляд, потрібний для (4), а в решті рівнянь зникає невідоме  $x_1$ . Ці  $n-1$  рівняння розглядаються як початкова система й для них повторюються дії 1-2, що дозволяє отримати друге рівняння системи (4).

Послідовне повторення вказаних дій до того часу, поки система (1) не перетвориться в одне рівняння, забезпечує одержання перетвореної системи (4). Зауважимо, що для того щоб потрібні для перетворення дії було можливо виконати, необхідно, щоб кожний діагональний («ведучий») коефіцієнт  $a_{i,i}$  не дорівнював нулю. Це можна забезпечити відповідною перестановкою у разі необхідності рівнянь системи (1). Більше того, якщо діагональні, коефіцієнти по модулю гарантовано більші будь-якого іншого коефіцієнта рівняння ( $|a_{i,i}| > |a_{i,k}|, i, k = 1..n, i \neq k$ ), то похибки обчислень, що виникають внаслідок округлень та втрати останніх цифр, суттєво зменшуються. При перетасуванні рівнянь початкової системи по вказаному критерію вибору діагональних елементів домінуючими виникає модифікація метода Гауса «з вибором головного елемента».

Другий - кінцевий етап метода Гауса - Його «зворотній хід», веде до обчислення значень шуканого вектора  $[X]$  в зворотному циклі по перетвореній до вигляду (4) системі:

З останнього рівняння обчислюється  $x_n$ ;

$$x_n = b_n$$

Одержане числове значення  $x_n$  підставляється в усі  $1..(n-1)$  рівняння та зводяться подібні члени. Кількість рівнянь та невідомих  $x$  при цьому зменшується на одиницю, а останнє рівняння системи набуває вигляду  $x_n$ .

$l=b_{n-l}$ . Далі кроки повторюються доти, поки не буде отримано числове значення невідомого  $x_l$ .

## **Вимоги до оформлення роботи**

Робота оформлюється в електронному або друкованому вигляді на папері стандартного формату А4, на одній стороні аркуша з дотриманням полів:

- зліва – 2,5 см
- зверху – 2 см
- знизу – 2 см
- справа – 1,5 см

Шрифт Times New Roman, розмір 14, міжрядковий інтервал 1,5. Всі сторінки мають бути пронумеровані починаючи зі змісту. Абзацний відступ 1,25 см. Текст в абзацах вирівнюється по ширині сторінки.

Заголовки структурних розділів оформлюються великими прописними літерами, вирівнюються по центру сторінки. Кожен структурний розділ повинен починатись з нової сторінки.

Заголовки глав виділяються міжрядковим інтервалом. Може використовуватись курсив або напівжирне форматування, розмір шрифту такий самий, як і загальний текст.

Скорочення слів не допускається, крім загальноприйнятих, при першому вживанні вони супроводжуються розшифровуванням.

Структура роботи:

- Титульна сторінка

Приклад оформлення титульної сторінки наведено в додатку 1.

- Зміст
- Завдання
- Теоретичний опис використаних методів розрахунку
- Математичні розрахунки

- Текст програми мовою C# та код графічних вікон програми, а також зображення вікон програми.
- Результати роботи програми
- Висновки
- Список використаної літератури

### **Критерії оцінювання роботи**

В переліку критеріїв оцінювання роботи наводиться частка (у відсотках) від максимального балу, який можна отримати за дану роботу. Максимальний бал залежить від конкретної рейтингової системи з навчальної дисципліни, в якій використовується дана розрахункова робота.

<b>Критерій</b>	<b>Частка (%)</b>
Оформлення роботи	20
Теоретичні знання використаних математичних методів	5
Теоретичні знання з програмування	10
Правильність теоретичних розрахунків	15
Знання написаної програми	20
Правильність роботи програми	30

### *Порядок захисту роботи*

- Перевіряється правильність роботи програми. За наявності значних помилок робота не приймається і повертається на доопрацювання.
- Перевіряється оформлення роботи. У випадку, коли оформлення роботи має значну кількість недоліків, то така робота не приймається і повертається студенту на доопрацювання.
- Перевіряється відповідність теоретичних обчислень та практичних результатів.
- Перевіряються теоретичні знання студента.

### Список літератури

1. Бойко В, С., Бойко В, В., Видолоб Ю. Ф., Курило І. А., Шеховцов В. І., Шидловська Н. А. “Теоретичні основи електротехніки”. Т.1.- К.: “Політехніка”,2004. –269 с.
2. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В., Страхов С. В. "Основы теории цепей". – М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Нейман Л, Р., Демирчян К. С. "Теоретические основы электротехники". Т.1. – М.: Высшая школа, 1981.
4. Бахвалов Н.С. Численные методы. – М.: Наука, 1975 – 631 с.
5. Калиткин Н.А. Численные методы. – М.: Наука, 1978 – 512 с.
6. Демидович Б. П. Марон И.А. Основы вычислительно математики. – М.: Наука, 1966 – 664 с.
7. Волков Е.А. Численные методы. – М.: Наука, 1982 – 254 с.

## Додаток 1

### Приклад титульного аркушу розрахункової роботи

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
Факультет електроенерготехніки та автоматики  
Кафедра автоматизації енергосистем

Домашня контрольна робота  
з дисципліни  
«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

Перевірив:  
Петренко П.П.

Виконав:  
Студент гр. ЕК-71  
Іваненко І.І.

Київ – 2016

## Додаток 2

### Варіанти схем однофазного кола

